

VERWENDUNG VON FURFUROL. XIV

Untersuchungen von Reaktoren für exotherme katalytische Prozesse. III

Von

L. MÉSZÁROS

Institut für Angewandte Chemie der Attila József-Universität, Szeged

(Eingegangen am 30. November 1969)

Die Ausmaßvergrößerung der zur Herstellung von Furan aus Furfurol in der Dampfphase auf oxydativem Wege dienenden Rohrreaktoren wurde in der Längsrichtung versucht. Wird die pro Reaktoreinheit stündlich einzuspeisende Reaktionsproduktmenge nicht abgeändert, so daß die Reaktorlänge auf das n -fache erhöht wird, so wird auch die lineare Geschwindigkeit des Materials das n -fache betragen. Infolgedessen nimmt die Turbulenz so zu, daß die Wärmegradienten der Einrichtung geringer werden, ihre Reaktionszone verlängert und die Entstehung von Nebenprodukten verringert wird. Die Methoden unserer aus drei Artikeln bestehenden Serie über Ausmaßvergrößerung lassen sich nicht nur gesondert, sondern auch kombiniert zur Anwendung bringen.

Im I. Teil wurde ein langer dünner Rohrreaktor in einer Dimension zum Planparallelreaktor vergrößert, wobei die Höhe des Reaktors unverändert blieb. Als Modellreaktion benutzen wir die oxydative Dekarboxylierung des Furfurols zu Furan [1].

Im II. Teil wurde ein langer dünner Rohrreaktor in zwei Dimensionen bzw. ein Planparallelreaktor entlang einer Dimension vergrößert, wobei wir — unter Beibehaltung der Höhe des Reaktors — zu einer mit linearen Methoden erreichbaren Querschnittvergrößerung gelangten.

Im vorliegenden III. Teil erfolgte die Ausmaßvergrößerung bei katalytischen und porösen Filmreaktoren in der Längsrichtung des Reaktors. Wegen der geometrischen Analogien ist die Wärmequellendichte des Raumes eine ähnliche, so können die beiden Reaktortypen in einem Kapitel erörtert werden [2].

Bei der Untersuchung von Oxydationszwecken dienenden Rohrreaktoren zeigt sich, daß die Reaktionszone, d.h. die Wärmeentstehung bei etwa 30% der Länge l liegt. Bei der gleichen Reaktion mit Katalysatoranwendung bleibt die Kontaktzeit — wenn die Eintrittsgeschwindigkeit und die Reaktorlänge um das n -fache vergrößert wird — unverändert. Bei der Ausmaßvergrößerung passiert die n -mal größere Materialmenge eine n -mal größere Wärmeaustauschfläche mit n -facher linearer Geschwindigkeit. Die auf die Oberflächeneinheit der Rohrwand entfallende Wärme bleibt unverändert, doch sichert die stark erhöhte Turbulenz eine günstigere Wärmeübergabe in der Dampf- und Gasphase und sogar auch in der Flüssigkeitsphase. Der Reaktor kann auch in Spiralförmigkeit in ein Wärmeaustauschbad gesetzt werden.

Die bekannten Filmreaktoren erreichen durch schnell schwingende Wisch-

schaufeln eine Turbulenz an der glatten Wandoberfläche, welche die aktive Stelle der Reaktion bedeutet. Wir haben das gleiche Ziel mittels schneller Flüssigkeitsstörung an einer porösen „Filmreaktorwand“ erreicht.

Einen Filmreaktor mit poröser Wand haben wir in einem sandgefüllten Rohr hergestellt. In diesem Falle zeigt das der Filmwirkung ausgesetzte Flüssigkeitsvolumen im Verhältnis zum Gesamtvolumen des Reaktionsgemisches prozentuell weit größere Werte als bei den Filmreaktoren mit glatter Oberfläche. Hier kann die Ausmaßvergrößerung auf die gleiche Weise wie oben geschehen. Die rasche Strömung der Flüssigkeit ist mittels Druck durch eine Pumpe oder durch Zentrifugalkraft erreichbar [3].

Werden die Wischschaufeln der bekannten Filmreaktoren zu Bändern bzw. Drähten aufgeschnitten und der Film mit der gleichen Geschwindigkeit mit ihnen gewischt, so kommt ein höherer Wirkungsgrad, eine intensivere Turbulenz zustande. Darüber hinaus kann so an der gleichen Oberfläche eine größere Zahl von Wischelementen mit größerer Geschwindigkeit vorbeibewegt werden ziehen.

Benützt man anstatt der Wischschaufeln rotierende Wischbürsten, so läßt sich die bisher bekannte Wischgeschwindigkeit auf mehrere Zehnfache erhöhen, so die Wärmeaustausch- und Turbulenzeigenschaften, welche das Kriterium der guten Ausmaßvergrößerung und Wärmeübergabe darstellen, entsprechend verbessern [4].

Die maximale Wischgeschwindigkeit der bekannten Filmreaktoren beträgt 300–500 m/min. Mit Hilfe unseres Bürstenreaktors haben wir eine Wischgeschwindigkeit von 2500 m/min erzielen können. Pro Zeit- und Oberflächeneinheit ziehen mehrere und wirksamere Wischelemente mit fünffacher Geschwindigkeit vorüber, was eine größere Turbulenz und eine wesentlich größere chemische Wirksamkeit bedeutet. Ohne Veränderung der Filmoberfläche ist die Intensivierung eine hochgradigere geworden und die Produktion auf ein Vielfaches gestiegen. Eine Wischbürste von kleinerer Masse hat eine größere Umfangsgeschwindigkeit und mehr Wischelemente. Ebenso sind die Wärmeaustauscheigenschaften des Apparates besser geworden. Unser Apparat mit seiner Filmreaktorfläche von 300 cm² und einer Wischgeschwindigkeit von 2500 m/min vermag pro Sekunde 1/2 Liter Emulsion mit einer Teilschengröße von 0,5 Mikron herzustellen und eignet sich zur Verwirklichung von kontinuierlichen chemischen Reaktionen. Mit dieser Einrichtung haben wir kontinuierlich auf kaltem Wege Seife hergestellt.

Die Leistung der elektrischen Antriebmotoren pro Kilogramm Gewicht ist bei großer Geschwindigkeit am höchsten; sie wurden ohne Geschwindigkeitsdrosselung verwendet. Die kleine Masse des Drehbürstenreaktors war in der Nähe der Achse angebracht, die Biegsamkeit der elastischen Drähte schaltet die für die Achse schädlichen Schwingungen aus und so haben wir eine fünffache Wischgeschwindigkeit erreichen können, wodurch die technologischen Bedingungen vorteilhaften gestaltet wurden. Die Elementarfäden der Bürste sind infolge der Zentrifugalkraft auf Zerreißfestigkeit beansprucht. Die Struktur wurde leichter, billiger und ermöglichte eine weitere beträchtliche Erhöhung der von uns erreichten Umfangsgeschwindigkeit.

Werden an ein und derselben Drehachse mehrere Wischbürsten angebracht, so haben wir die Ausmaßvergrößerung des Rohrreaktors in Richtung der Längsachse gelöst.

Unter Anwendung der erörterten Möglichkeiten wurde ein katalytischer Reaktor für Oxydationszwecke in der heterogenen Dampfphase entwickelt, dessen Kataly-

satorraum ein Zylinder ist, dessen Höhe und Durchmesser identisch sind. Durch einen Drahtbürsten-Turboventilator werden die oxydativen Reaktionskomponenten bei 300—400 °C mit so großer Geschwindigkeit durch den Katalysator in Zirkulation gehalten, daß darin ein Wärmegefälle selbst dann nicht zustandekommt, wenn das Volumen 100 Liter erreicht. Das Prinzip ist übrigens nicht an ein Katalysatorvolumen gebunden und so auch unter Laboratoriums-, ja sogar unter Betriebsumständen erreichbar. Der Vorteil des sich im geschlossenen Raum mit großer Geschwindigkeit drehenden Mikroreaktors von CARBERRY, TAJBL und SIMONS ist seine Konzentrations- und Wärmegradientenfreie Reaktionsausführung [5].

Zusammenfassend sei erwähnt, daß wir in der Artikelserie: „Untersuchungen von Reaktoren für exotherme katalytische Prozesse I, II und III“ die mittels linearer Berechnung ausführbare Ausmaßvergrößerung der von uns entwickelten chemischen Reaktionen, chemischen Technologien, Verfahren und Apparate gelöst haben. Unter Verwendung der so dargestellten Prinzipien zeigen unseres Erachtens die meisten auszuführenden chemischen Reaktionen kalorische und geometrische Analogien zu einem unserer Modelle, die es gestatten, unsere linearen Ausmaßvergrößerungsgrundsätze auch auf andere Themen anzuwenden.

Literatur

- [1] Mészáros, L., S. A. Gilde: Acta Phys. et Chem. Szeged **15**, 67 (1969).
- [2] Mészáros, L., Gy. Schöbel: Untersuchungen von Reaktoren für exotherm-katalytischer, Prozesse, II. Acta Phys. et Chem. Szeged **15**, 163 (1969).
- [3] Mészáros, L., S. A. Gilde: Sand-filled column-reactors. Vth International Congress of Surface Activity, Section A: Chemistry of the Surface Active Substances. Barcelone, 1968, Comptes rendu A/II 239 (1969).
- [4] Mészáros, L.: Verfahren und Einrichtung zur Intensivierung der in Flüssigkeitsfilm sich abspielenden chemischen Reaktionen. Ungarische Patentanmeldung Nr. ME-977 (1968).
- [5] Mészáros, L.: Verfahren und Apparat zur Intensivierung der Fluid-Bewegungen. Ungarische Patentanmeldung Nr. ME-1019 (1968).

УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗМЕРА ТРУБЧАТЫХ И ШЕТИНЫХ РЕАКТОРОВ ПУТЕМ УДЛИНЕНИЯ

Л. Месарош

Увеличение размера трубчатых реакторов производящих фуран их фурфурола окислением в газовой фазе было изучено в продольном направлении. Если подача продуктов реакции в час на единицу объема реактора не изменяется, увеличением длины n -раз линейная скорость вещества также ускоряется n -раз. Таким образом турбулентия получается так великой, что тепловые градиенты прибора уменьшаются, зона реакции удлинится и получают меньше промежуточных продуктов. Настоящая серия содержащая три статьи об увеличении размера может быть применена не только отдельно но и совместно при увеличении масштаба.